

УДК 621.373

Л.З.БОГУСЛАВСКИЙ, канд. техн. наук, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев;

Л.Н.МИРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев;

В.В.ДИОРДИЙЧУК, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев;

Н.С.ЯРОШИНСКИЙ, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев;

А.В.КОВАЛЬЧУК, ООО «Центрпромгруп», Николаев;

А.Ф.ПАПЫРИН, канд. техн. наук, ООО «Промтех», Николаев

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗАРЯДКИ РАЗНОИМПЕДАНСНОЙ ПЫЛИ В КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМАХ ГАЗООЧИСТКИ

Розглянуто можливості інтенсифікації процесів газоочистки шляхом дозарядки різноімпедансного пилу імпульсним джерелом живлення.

Processes of intensification treatment of exhausted gases by the charging up of various impedance dust with high voltage pulses are described.

Рассмотрены возможности интенсификации процессов газоочистки путем дозарядки разно импедансного пыли импульсным источником питания.

Введение. Повышение эффективности электрофильтра и уменьшение выбросов золы с дымовыми выбросами тепловых электростанций является актуальной задачей.

В работе представлены результаты совместных исследований Института импульсных процессов и технологий НАН Украины, а также предприятий «Центрпромгруп» и «Промтех» по оптимизации режимов электрического питания электрофильтров путем увеличения мощности, передаваемой в коронный разряд электрофильтра. Последнее может быть достигнуто за счет использования комбинированного режима питания с наложением импульсной составляющей на действующее постоянное напряжение штатного аппарата питания.

Существующая зарубежная практика использования комбинированных режимов питания электрофильтров с импульсной составляющей в микросекундном диапазоне свидетельствует о том, что такие режимы могут существенно уменьшить выбросы золы при существующей геометрии электродной системы электрофильтра. По данным российских исследователей, испытания комбинированного режима, проведенные на электрофильтрах Каширской ТЭС, показали возможность снижения выбросов золы в четыре раза. Анало-

гичные результаты получены в США, Швеции и Японии.

Развитию этого направления способствует успехи последнего времени в развитии высоковольтной импульсной техники и силовой электроники. За последние годы разработаны коммутаторы, с ресурсом в тысячи часов, позволяющие генерировать импульсы напряжения микросекундной и наносекундной длительности с напряжениями в несколько сот киловольт, токами в импульсе в сотни килоампер. Развитие элементной базы силовой электроники (повышение мощностного и частотного уровней силовых ключей) позволило разработать малогабаритные высокочастотные зарядные устройства генераторов импульсных токов. Это открывает новые перспективы модернизации и реконструкции систем питания электрофильтров с использованием комбинированных режимов.

Использование комбинированных режимов питания электрофильтров должно привести к интенсификации процессов дозарядки разноимпеданной пыли в системах газоочистки. Это может оказаться выходом при ужесточающихся требованиях к выбросам дисперсных частиц от экологически вредных промышленных объектов без их глобальной реконструкции. Исследования комбинированного питания электрофильтров постоянным и импульсным током, в промышленных масштабах, в Украине выполнены впервые.

Проведенные работы оказались возможными только благодаря финансовой и организационной поддержке руководства ОАО «Донбассэнерго» и руководства Славянской ТЭС

Цель работы – интенсификация процессов газоочистки путем дозарядки разноимпеданной пыли дополнительным высоковольтным импульсным источником питания в действующих системах газоочистки.

Анализ проблемы. Теоретическое обоснование эффективности комбинированных режимов питания можно понять из уравнения, описывающее динамику коронного разряда для случая питания электрофильтра импульсным током [1]:

$$\overline{E} \operatorname{grad}(\rho k) + \rho k \operatorname{div} \overline{E} = \overline{E} \operatorname{grad}(\rho k) \frac{\rho - \overline{E} \operatorname{grad}(\varepsilon_a)}{\varepsilon_a} = \frac{\partial \rho}{\partial t},$$

где k – подвижность частиц,

ε_a – диэлектрическая проницаемость среды,

ρ – плотность объемного заряда.

Отсюда, мгновенная напряженность поля в межэлектродном промежутке при импульсным токе представляется в виде

$$E(\rho, t) = \frac{\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{(\rho k)^2}{\varepsilon_a k}}{\varepsilon_a \operatorname{grad} \frac{\rho k}{\varepsilon_a}}.$$

В сравнении с этим, выражение напряженности для стационарной униполярной короны имеет вид [2]:

$$\bar{E} = \frac{(\rho k)^2}{\varepsilon_a \text{grad}(\rho k)}.$$

Эффективность очистки электрофильтра определяется скоростью дрейфа частиц к осадительным электродам, которая описывается выражением [1]

$$v = \frac{0.0118 \cdot 10^{-10} \cdot E^2}{\mu_a} r,$$

где E – напряженность поля в межэлектродном промежутке,

r – радиус частиц,

μ_a – вязкость воздуха.

Скорость дрейфа взвешенных частиц возрастает с ростом напряженности поля, однако при определенном значении напряжения на электродах происходит пробой газового промежутка и возникает дуга. Поэтому оптимальным значением напряжения на электродах считается такое его значение, которое является максимально близким к пробойному.

Для реализации теоретических положений повышения степени очистки и уменьшения энергопотребления импульсный источник должен генерировать импульсы в диапазоне от 10 Гц до 1 кГц; длительность импульса должна быть достаточной для поддержания поля и не превышаая предела при которой коронный разряд переходит в искровой; для реализации стримерного коронного разряда передний фронт импульса должен находиться в наносекундном диапазоне; предварительную ионизацию газообразной среды можно заменить созданием неравномерного поля вокруг электродов, обеспечивающего напряженность электрического поля не менее 2 МВ/м в каждой точке образования стримера.

Схема эксперимента. Разработанный импульсный источник питания (ИИП) был интегрирован в штатную систему питания электрофильтров. Блок-схема комбинированной системы приведена на рис.1.

Импульсный источник питания разработан на базе генератора импульсных токов с промежуточным преобразователем частоты, благодаря которому его удельные массо-габаритные показатели составили 8кг/кВт.

Изготовленный импульсный источник комбинированного питания электрофильтра содержит коммутатор, позволяющий регулировать амплитуду выходного напряжения в диапазоне от 0 до 75 кВ, частоту импульсов до 20 Гц, длительностью импульсов 20 мкс, скорость нарастания переднего фронта импульсов напряжения не менее 1 кВ/нс.

При принятой схеме соединения штатный агрегат питания, создает амплитудное напряжение на полях электрофильтра 50 кВ. Подключение импульсного источника может обеспечить суммарное напряжение на электрофильтре от 0 до 125 кВ, с регулируемым значением постоянной составляющей в диапазоне от 0

до 50 кВ. Импульсная составляющая может находиться в диапазоне от 0 до 75 кВ.. Средняя мощность импульсного источника составляет 15 кВт при коэффициенте полезного действия 0,75, потребляемый ток в первичной цепи – до 40 А. Общий вид экспериментального импульсного оборудования для интенсификации процесса газоочистки приведен на рис. 2.

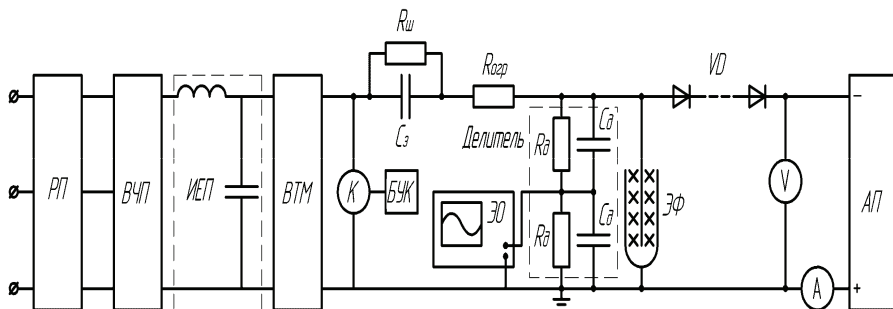


Рисунок 1 – Блок схема комбинированного питания электрофильтра:
 РП – регулятор питания; ВЧП – высокочастотный преобразователь; ИЕП – индуктивно-емкостной преобразователь; ВТМ – выпрямитель-трансформатор масляный; К – коммутатор; БУК – блок управления коммутатором; $R_{ш}$ – сопротивление шунтирующее; C_3 – емкость зарядная; $R_{огр}$ – сопротивление ограничительное; ЭО – электронный осциллограф; ЭФ – электрофильтр; VD – диодная сборка; АП – агрегат питания штатный



Рисунок 2 – Общий вид экспериментального импульсного оборудования во время натурного эксперимента на ТЭС

Характерная осциллограмма напряжений и токов на электрофилтре при $U_{\text{пост.}} = 48 \text{ кВ}$ и $U_{\text{имп.}} = 38 \text{ кВ}$ приведена на рис. 3.

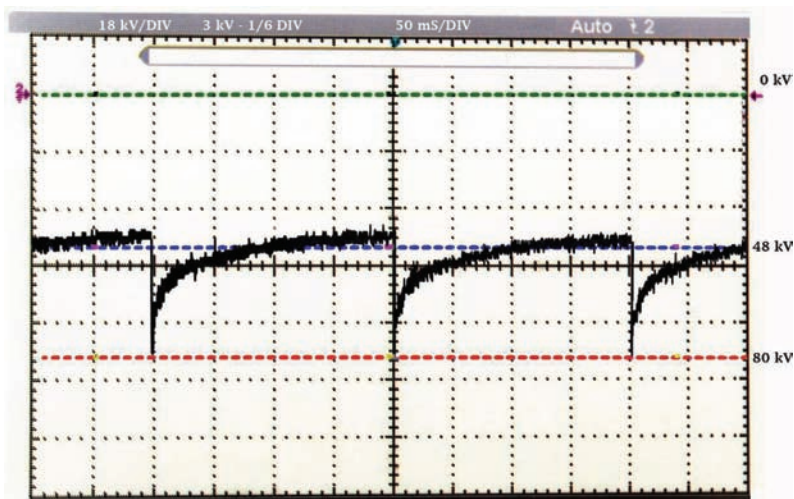


Рисунок 3 – Характерная осциллограмма напряжений и токов на электрофилтре при наложении импульсной составляющей на постоянное напряжение штатного АП

В штатном режиме питания электрофилтра при максимальном среднем напряжении 45 кВ и среднем токе 5 мА, мощность передаваемая в полу-поле электрофилтра составляет 222 Вт.

При комбинированном режиме питания, мощность передаваемая в полу-поле составляет около 10 кВт, что в 40 раз больше, чем при штатном режиме питания. Эффективность электрофилтра по улавливанию выбросов летучей золы зависит от мощности передаваемой в коронный разряд электрофилтра. На рис. 4 приведен график зависимости эффективности улавливания летучей золы электрофилтром в зависимости от переданной мощности. График получен в результате обработки большого массива информации, полученной при испытаниях многих электрофилтров [3].

Обобщенные результаты проведенных исследований. Проведенные натурные испытания позволили создать систему питания электрофилтра постоянным напряжением с наложением на него импульсной составляющей с микросекундной длительностью импульсов. Общее напряжение удалось повысить более чем на 30 кВ при увеличении мощности вводимой в коронный разряд более чем в 40 раз, что приводит к существенному увеличению эффективности улавливания.

В работе также предлагается использовать систему дополнительных ко-

ронирующих электродов перед и после основных полей электрофилтра, что открывает возможность проверки электрофизических способов, с использованием наносекундных технологий уменьшения выбросов окислов серы [4] с одновременным увеличением эффективности улавливания летучей золы.

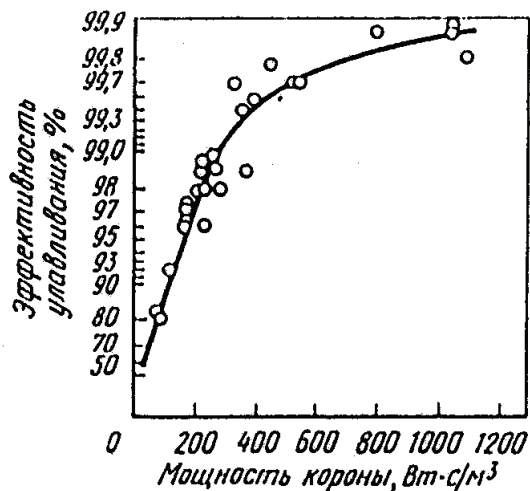


Рисунок 4 – График зависимости эффективности улавливания летучей золы электрофилтром в зависимости от переданной мощности

Выводы. Использование комбинированного режима питания электрофилтров позволяет существенно увеличить мощность, передаваемую в электрофилтр, что приводит к существенному снижению выбросов летучей золы.

Список литературы. 1. Чекалов Л.В. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов. – Ярославль, Русь, 2004. 2. Попков В.И. Электрическое поле при переходной униполярной короне // Известия АН СССР, отделение технических наук. – №7. – 1954. – С. 7-12. 3 Алиев М.А. Электрооборудование и режимы питания электрофилтров. – Москва, Энергия, 1971. – С. 25-29. 4. Богуславский Л.З., Мирошниченко Л.Н. Казарян Ю.Г., Ярошинский Н.С. Влияние режимов работы высоковольтного источника питания на формирование стримерного коронного разряда и эффективность систем газоочистки // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність». – Ч. 1. – 2011. – С. 44 - 49.

Поступила в редколлегию 13.04.2012.